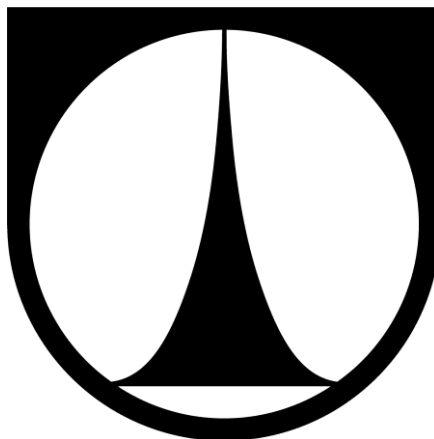


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**Fakulta strojní**



## Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Obor: 2302 R022 Stroje a zařízení  
Zaměření: Stavba strojů  
Číslo: KTS – B072  
Studijní rok: 2013/2014

KONSTRUKČNÍ NÁVRH INDIVIDUÁLNÍHO POHONU A ULOŽENÍ ZAŘÍZENÍ  
NA TVORBU KVAZI – PŘÍZE

CONSTRUCTIONAL DESIGN OF INDIVIDUAL DRIVE AND BEDDING OF THE  
APPLIANCE FOR THE FORMATION OF QUASI-YARNS

## **Bakalářská práce**

Radek Polášek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Konečný, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kopal, CSc.

### **Rozsah práce a příloh:**

Počet stran: 43

Počet obrázků: 27

Počet výkresů: 9

Počet příloh: 2



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	<b>Radek POLÁŠEK</b>
Studijní program	B 2341 Strojírenství
Obor	<b>2302 R022</b> Stroje a zařízení
Zaměření	Stavba strojů

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

**Konstrukční návrh individuálního pohonu a uložení zařízení na tvorbu kvazi – příze.**

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce doporučené metody pro vypracování)

1. Proveďte rozbor problematiky pohonu a uložení daného zařízení.
2. Navrhněte konstrukční úpravy zařízení.
3. Nejvhodnější variantu zpracujte a sestavte model v prostředí Pro Engineer.
4. Vypracujte výkresovou dokumentaci.



Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva: **30 stran formát A4**
- grafické práce: **Výkres sestavy zařízení**


Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):


1. Krčma, R.: Stroje a chemická technologie netkaných textilií, Liberec 1983.
2. Krčma, R.: Teorie netkaných textilií, Liberec 1986.
3. Pešík, L., Části strojů, stručný přehled. Skripta TU, Liberec 2002.
4. Manuál Pro Engineer

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Konečný, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jaroslav Kopal, CSc.**



  
prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan FS

V Liberci dne 1. 4. 2013

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedeném lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ).  
Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.



## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Konečnému, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mně poskytoval během tvorby bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem pohonu a uložení zařízení, které vytváří kvazi-příze na 3D textilií. Obsahuje popis technologie vertikálního skládání textilie a následného zpevnění pomocí kvazi-přízí, které jsou vytvořeny rotujícími zaplétacími nástroji. Byly vytvořeny 4 návrhy zařízení na tvorbu kvazi-přízí. K nejvhodnějšímu návrhu byla vytvořena výkresová dokumentace.

### **Klíčová slova**

3D textilie, kvazi – příze, návrh pohonu, uložení zařízení

## **Abstract**

The present bachelor thesis is concerned with the design of the drive and bedding of an appliance generating quasi-yarns on 3D textile fabric. It includes the description of the technology of vertical plying of textile fabrics and their subsequent reinforcement by means of quasi-yarns produced by rotating twisting tools. There have been devised 4 designs of an appliance for the generation of quasi-yarns. Moreover, drawing documentation has been elaborated for the most suitable design.

### **Key words**

3D textil, quasi-yarn, design of the drive, bedding of an appliance



# Obsah

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Teoretická část.....</b>	<b>11</b>
2.1 Kolmo kladené 3D textilie.....	11
2.2 Zpevnění 3D textilií pomocí kvazi-přízí.....	12
2.3 Popis zařízení na tvorbu 3D textilie.....	14
2.4 Popis stávajícího zařízení na tvorbu kvazi-příze.....	17
2.5 Problematika pohonu a uložení.....	19
2.6 Shrnutí problémů stávající verze.....	20
<b>3 Návrhy konstrukčních úprav zařízení.....</b>	<b>21</b>
3.1 Návrh 1 (s ozubenými koly).....	21
3.1.1 Popis návrhu 1.....	21
3.1.2 Výhody návrhu 1.....	24
3.1.3 Nevýhody návrhu 1.....	24
3.2 Návrh 2 (s koly s magnety).....	24
3.2.1 Popis návrhu 2.....	24
3.2.2 Výhody návrhu 2.....	26
3.2.3 Nevýhody návrhu 2.....	26
3.3 Návrh 3.....	26
3.3.1 Popis návrhu 3.....	27
3.3.2 Výhody návrhu 3.....	28
3.3.3 Nevýhody návrhu 3.....	28
3.4 Návrh 4.....	29
3.4.1 Popis návrhu 4.....	29
3.4.2 Výhody návrhu 4.....	30
3.4.3 Nevýhody návrhu 4.....	31
3.5 Výběr nejvhodnějšího návrhu.....	31
<b>4 Detailní rozbor návrhu 4.....</b>	<b>33</b>
4.1 Deska.....	33
4.2 Velké pouzdro.....	33
4.3 Malé pouzdro.....	34
4.4 Víko.....	35
4.5 Pružina.....	35
4.5.1 Návrh pružiny.....	35
4.6 Držák plošného spoje.....	37
4.7 Rošt.....	38
4.8 Elektromotor.....	38
4.9 Řešení hromadného napájení elektromotorů.....	38
4.9.1 Princip připevnění svorkovnic na desku.....	39
4.9.2 Použitá svorkovnice.....	40
4.9.3 Kontrola funkce elektromotorů.....	40
4.10 Výsledná sestava.....	40
<b>5 Závěr.....</b>	<b>41</b>
<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam příloh a výkresů.....</b>	<b>43</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

3D	trojrozměrný
2D	dvourozměrný
$m_n$ [mm]	normálový modul
$z$	počet zubů
$G$ [MPa]	modul pružnosti v krutu
$R_m$ [MPa]	mez pevnosti v tahu
$k_b$	koefficient bezpečnosti
$\sigma_{Dt}$ [MPa]	dovolené napětí v tahu
$\tau_{Dk}$ [MPa]	dovolené napětí v krutu
$D_p$ [mm]	maximální prostor pro pružinu
$D$ [mm]	průměr pružiny
$F_1$ [N]	síla pružiny po montáži
$y_1$ [mm]	stlačení pružiny po montáži
$y_8$ [mm]	stlačení pružiny ve stavu maximálního zatížení
$h$ [mm]	pracovní zdvih pružiny
$k$ [N/mm]	tuhost pružiny
$F_8$ [N]	síla ve stavu maximálního zatížení
$M_{k8}$ [Nmm]	maximální krouticí moment
$d_i$ [mm]	průměr drátu pružiny
$i$	poměr vinutí
$K$	Wahlův korekční součinitel
$d_{i+1}$ [mm]	průměr drátu pružiny po zahrnutí Wahlova korekčního součinitele
$d$ [mm]	normalizovaný průměr drátu pružiny
$n$	počet činných závitů pružiny

# 1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je zařízení na tvorbu kvazi-příze na 3D textilií. Toto zařízení bylo již dříve navrženo na Technické univerzitě v Liberci. Po konstrukci funkčního modelu a jeho zkoušení v praxi se ukázalo, že pohon a princip seřízení tohoto zařízení má nevýhody, které by pro další použití této technologie bylo vhodné odstranit.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nového pohonu nástrojů vytvářejících na 3D textilií kvazi-příze a jejich uložením.

Bakalářská práce byla rozdělena do třech částí. V první části byl popsán způsob výroby 3D objemových textilií vertikálním skládáním 2D textilie, princip tvorby kvazi-příze a použití hotového produktu. Dále bylo popsáno zařízení na výrobu 3D textilie s přesně definovanými sklady a současné zařízení na tvorbu kvazi-příze. Z problémů, které vznikaly při provozu tohoto zařízení, byly stanoveny hlavní příčiny nevýhod jeho konstrukce.

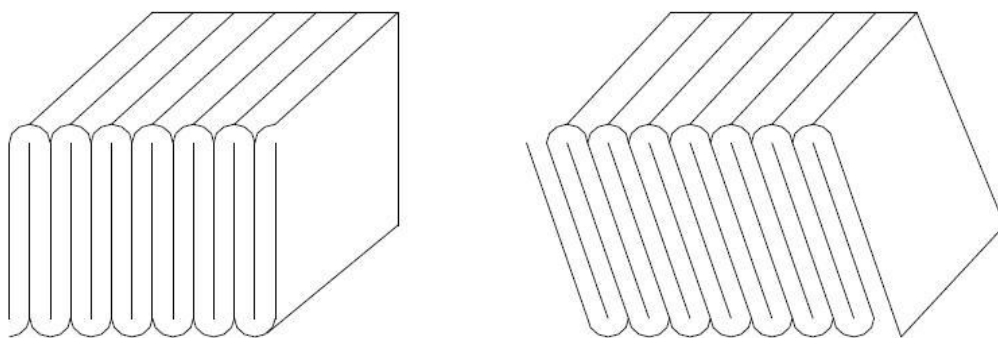
V druhé části byly navrženy a popsány 4 odlišné varianty konstrukce, které by problémy stávajícího zařízení odstranily. 3D modely těchto návrhů byly vytvořeny v programu Creo Parametric 2.0. Podle výhod a nevýhod plynoucích z odlišnosti jednotlivých návrhů byla stanovena nejvhodnější varianta. Byl kladen důraz zejména na jednoduché ovládání a nastavení zařízení.

Ve třetí části byl tento vybraný návrh detailněji popsán a byla vytvořena jeho výkresová dokumentace.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Kolmo kladené 3D textilie

Mechanické způsoby přípravy vlákných vrstev spočívají ve vytvoření vlákně pavučiny a v jejím vrstvení. K přípravě vlákně pavučiny se využívá mykacích strojů, případně mykacích zařízení vyvinutých speciálně pro výrobu netkaných textilií [1]. Vzniklý produkt se označuje jako objemová, nebo 3D textilie. Jedním ze způsobů výroby 3D objemových textilií mechanickým způsobem je postupné vertikální skládání 2D textilie, které je ukázáno na obrázku 1.



**Obr. 1:** 3D textilie vytvořená vertikálním skládáním

Výroba vlákných vrstev kolmým kladením pavučiny patří k nejnovějším průmyslově využívaným technologiím v oboru netkaných textilií. Tato technologie byla vyvinuta kvůli potřebě připravit vlákně vrstvy s vyšší odolností vůči stlačení. Zvýšení odolnosti vůči stlačení se u kolmo kladených textilií dosahuje tím, že vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie. Vlákna jsou pak během stlačování namáhána spíše na vzpěr, než na ohyb, na rozdíl od vrstev s převážně horizontálně uloženými vlákny [1].

Takový produkt, který je zobrazen na obrázku 2 se s výhodou dá využít tam, kde se využijí jeho vlastnosti jako je výplňová a měkkící schopnost, tepelně izolační vlastnosti a další. Nachází pak využití zejména v čalounickém a nábytkářském průmyslu, v oděvech a spacích pytlích jako tepelně izolační vložky a výplně, výplně do čalouněného nábytku, stavební tepelné a hlukové izolace a filtry. S rozvojem textilní techniky lze očekávat rozvoj dalších aplikací například ve zdravotnictví, stavebnictví a v automobilovém průmyslu [1].



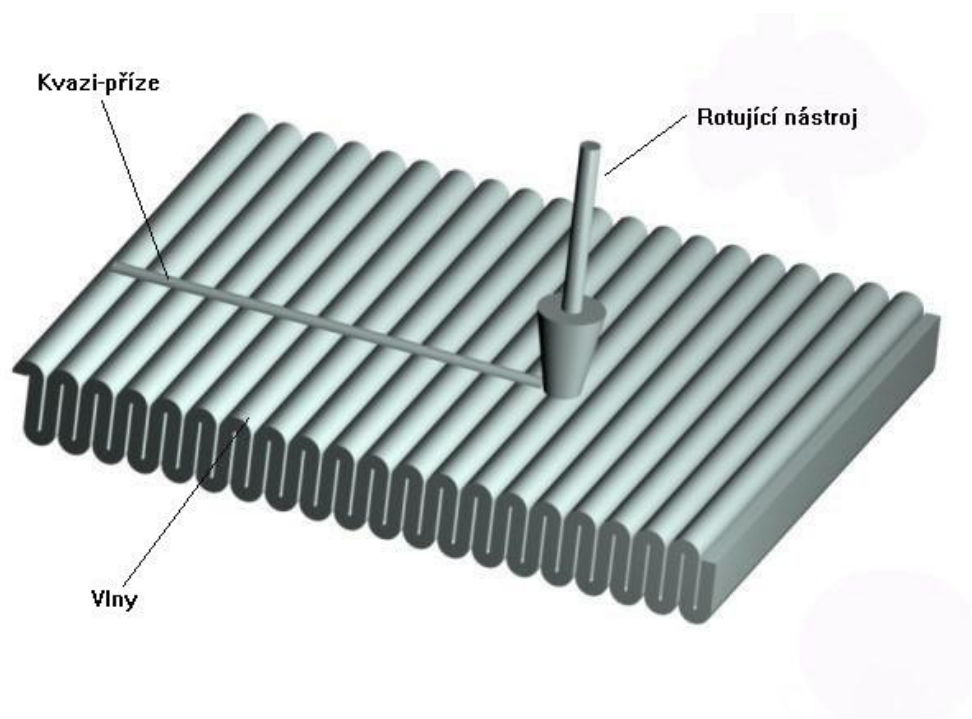
**Obr. 2.:** 3D textilie

## **2.2 Zpevnění 3D textilií pomocí kvazi-přízí**

Pevnosti textilií tvořených kolmým kladením nejsou vždy plně vyhovující. Pak je třeba zvýšit pevnost výsledného produktu na takovou úroveň, aby dané aplikaci vyhověl. Existuje několik způsobů zpevnění objemových textilií, ale pouze některé termické nebo mechanické způsoby výrazně neovlivňují tloušťku vyráběné 3D textilie [1].

Jedním ze způsobů fixace je relativně nová technologie tzv. „metoda kvazi-příze“, která patří mezi mechanické zpevňování. Tato metoda byla vyvinuta na Katedře

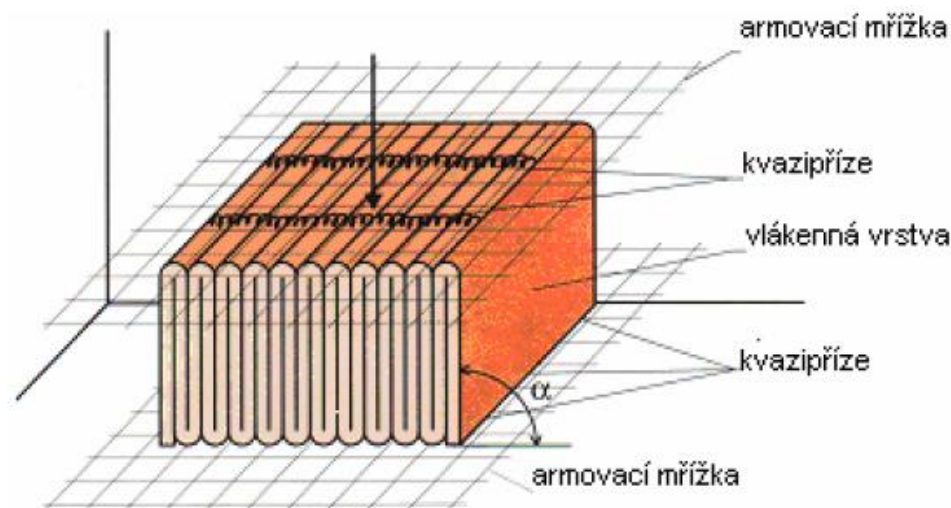
netkaných textilií Technické univerzity v Liberci. Tento postup fixace byl vyvinut speciálně pro výrobky, u kterých vlákna prochází celým průřezem textilie (vertikálně). Tuto podmínku splňují struktury vytvořené z vln tenké vláknové vrstvy (např. pavučina z mykacího stroje a netkané textilie). Vhodná textilie musí navíc mít dostatečný počet volných konců vláken na povrchu. Princip tvorby kvazi-příze je znázorněn na obrázku 3 [2].



**Obr 3.:** Princip tvorby kvazi-příze

Kvazi-příze vzniká posuvem rotujícího tělesa po vlnách na povrchu poskládané objemové textilie, kde dochází k zapletení konců vláken na jednotlivých vlnách. S pohybem rotujícího tělesa se konce vláken povytažené z jedné vlny zaplétají s konci vláken vystupujících z dalších vln. Tím dojde ke zpevnění skládané objemové textilie. Takto se mohou zpevňovat materiály z jakýchkoliv vláken na jednom, nebo i na druhém povrchu a to s libovolnou hustotou kvazi-příze. Výhodou je, že k tomuto způsobu zpevňování nepotřebujeme žádné pojivo ani přídavný materiál. Jde tedy o technologii poměrně rychlou, jednoduchou a jednoduše recyklovatelnou. Oproti jiným technologiím, které slouží ke zpevňování 3D textilie je velkou výhodou také nízká energetická náročnost. Za účelem zvýšení pevnosti vzájemného spojení a zvýšení

ohybové tuhosti se s výhodou mohou použít armovací sítě. A to buď z jedné strany, nebo z obou stran produktu. Výsledný produkt je měkký a na povrchu jsou patrné kvazipříze, vyčnívající nad rovinu rovna. Model výsledného produktu se nachází na obrázku 4 [2][3].



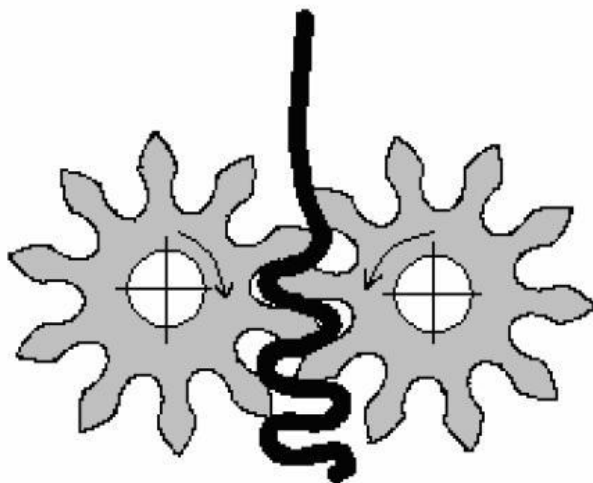
**Obr 4.:** Model výsledného produktu zpevněného kvazi-přizemi

## 2.3 Popis zařízení na tvorbu 3D textlie

Myšlenka vytvářet objemovou textilií vertikálním skládáním 2D textlie je stará přibližně 20 let. K vytvoření vln ve struktuře textlie se používají 3 techniky. Na rozdíl od dříve vyvinutého rotačního a vibračního kolmého kladení je zařízení popsáno v následujícím odstavci schopno formovat přesně definované sklady. Velkou výhodou je i jednodušší technika nastavování zařízení [1] [3].

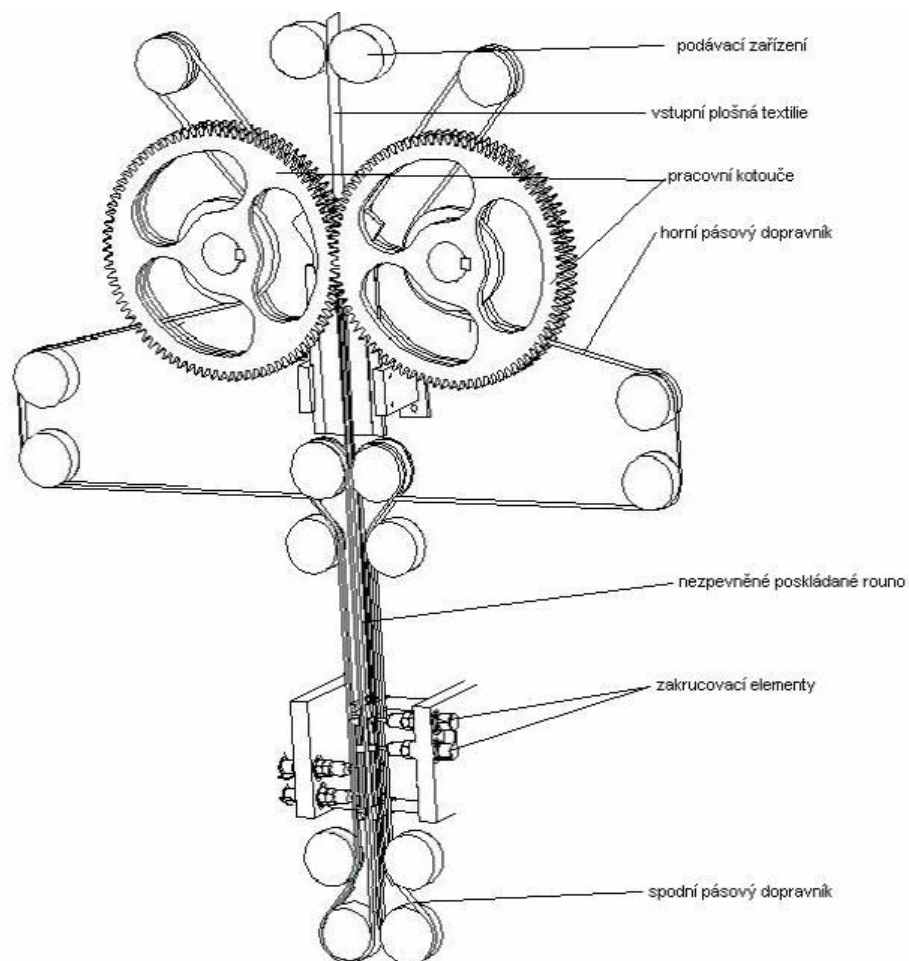
2D textlie je pomocí podávacích válců přiváděna mezi dva pracovní kotouče s čelním ozubením na rovnoběžných hřídelích, kde vstupuje mezi zuby, které zapadají do sebe. Tím je textlie formována do přesně definovaných vertikálních skladů. Mechanismus tvorby skladu je znázorněn na obrázku 5. Velikost skladů je dána velikostí zubů, osovou vzdáleností kol a celkovým nastavením stroje, který umožňuje

posun pravé a levé poloviny stroje. Zuby ozubených kol mají evolventní profil a jejich osová vzdálenost se dá měnit. Vzniklá nezpevněná objemová 3D textilie je pomocí horních pásových dopravníků dále podávána do zařízení na tvorbu kvazi-příze se sadou zaplétacích segmentů. Výsledný zpevněný produkt je dále odváděn spodním pásovým dopravníkem k další skupině zaplétacích segmentů kvůli prohození řemenů dopravníku s další skupinou zaplétacích segmentů a tím zvýšení počtu kvazi-přízí na produktu. Na obrázku 6 je znázorněn celý mechanismus. Na obrázku 7 se nachází model celého zařízení. Zařízení je schopno zpracovat 2D netkané textilie s vysokou vstupní rychlostí a výstupní tloušťkou materiálu až do 20 mm.

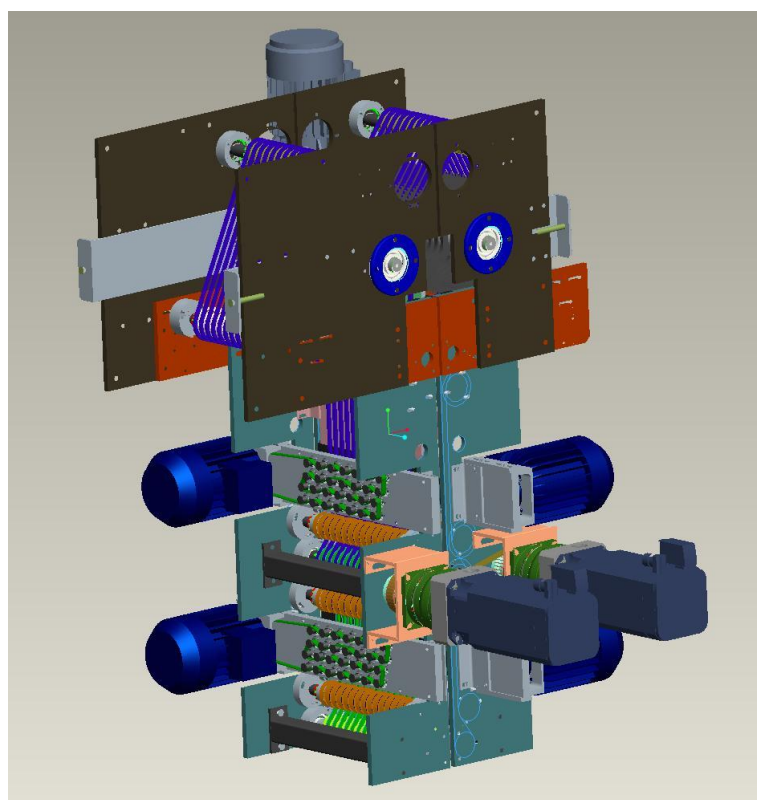


**Obr. 5:** Mechanismus tvorby skladu





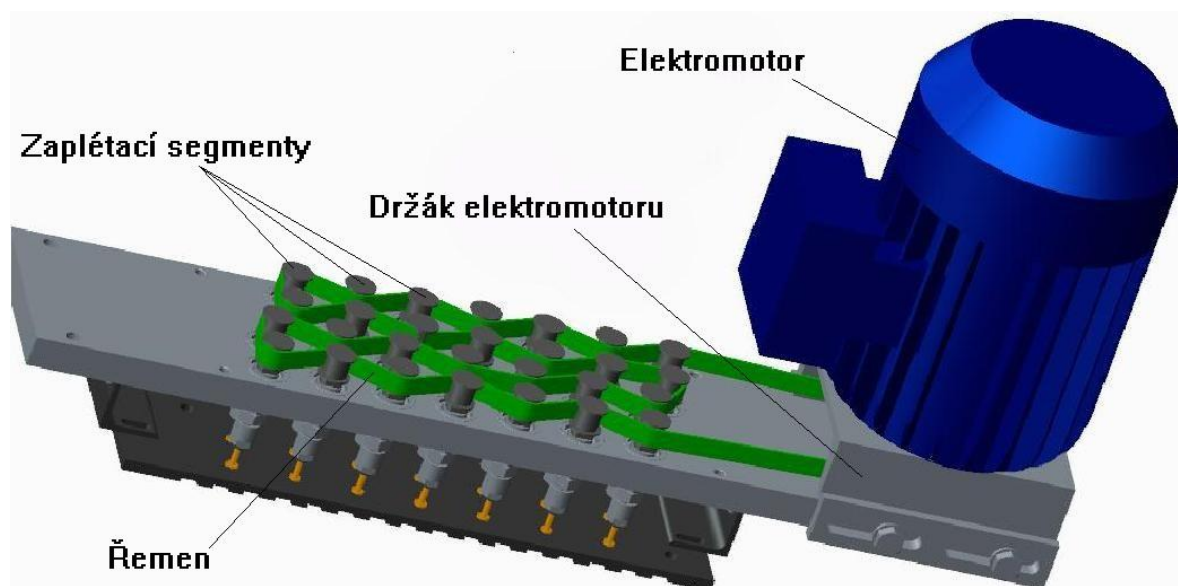
**Obr. 6:** Mechanismus na výrobu 3D textilie zpevněné metodou kvazi-příže



**Obr. 7:** 3D model zařízení na výrobu zpevněné 3D textilie

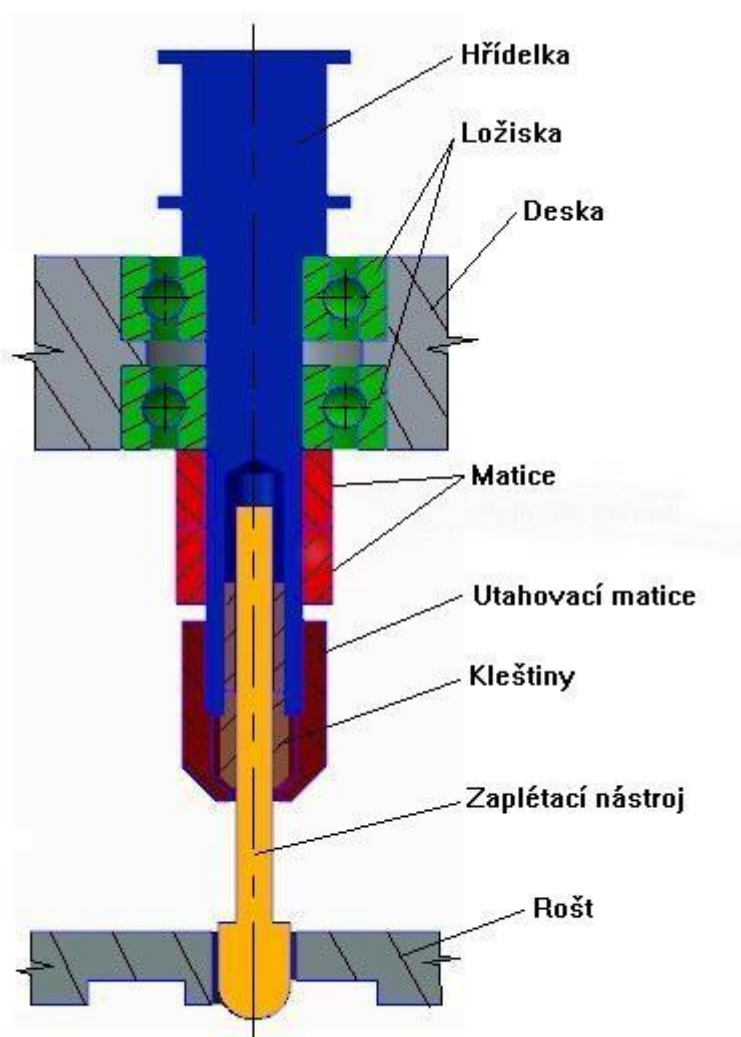
## 2.4 Popis stávajícího zařízení na výrobu kvazi-příze

Zařízení na tvorbu kvazi-příze, pod které je vsouvána nezpevněná objemová textilie, je na obrázku 8. Skládá se ze sady zaplétacích segmentů, které jsou pomocí plochého řemene poháněny elektromotorem s hnací řemenicí. Jednotlivé zaplétací segmenty jsou uloženy v desce v radiálních kuličkových ložiskách. Elektromotor s hnací řemenicí je uložen na držáku, který umožňuje posuv na desce kvůli nastavení ideálního předpětí řemene. Zajištění držáku je provedeno pomocí šroubů v drážkách. Takovéto zařízení je schopno vytvořit kvazi-příze přibližně na 220 milimetrech šířky textilie. Jedná se však zatím pouze o funkční model. Zařízení je umístěno nad, nebo pod procházející poskládanou 3D textilií a dá se relativně snadno připojit k lince na výrobu 3D textilie.



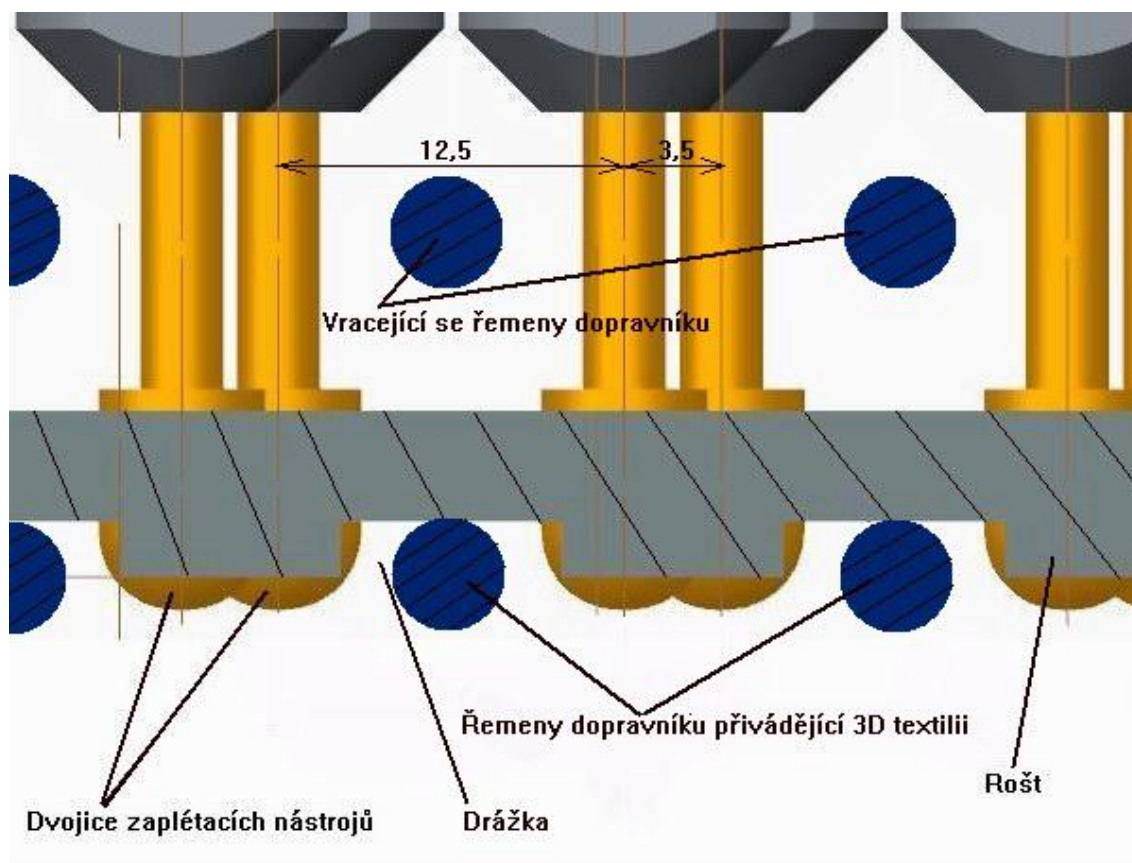
**Obr. 8:** Model zařízení na tvorbu kvazi-příze

Řez modelem zaplétacího segmentu se nachází na obrázku 9. Hlavní částí jednotlivých zaplétacích segmentů jsou hřídelky, které jsou uloženy ve dvou kuličkových ložiskách a zespodu zajištěné proti axiálnímu pohybu dvěma šestihrannými maticemi. Horní část hřídelky je uzpůsobená k vedení řemene a na dorazu ložisek se nachází drážka pro utahovací klíč, která slouží k přidržení hřídelky při utahování matic. Samotný zaplétací nástroj je vložen do utahovacích kleštiny. Kleštiny i s nástrojem jsou vloženy do otvoru ve spodní části hřídelky. Posunem nástroje v kleštinách se dá nastavit jeho správná poloha – hloubka ponoření do povrchu textilie. Sevření kleštiny a tím fixace nástroje ve správné poloze je zajištěno utahovací maticí.



**Obr. 9:** Řez modelem zaplétacího segmentu

Na obrázku číslo 10 je řez modelem zařízení v pohledu ve směru vstupující textilie. Na obrázku jsou vidět mezery mezi jednotlivými zaplétacími nástroji. Drážkami v roštu prochází řemeny dopravníku, které přivádí 3D textilií, proto je vždy mezi dvojicemi nástrojů větší mezera (12,5mm). Prostorem nad drážkou v roštu se pak řemen vrací zpět. Jak už bylo výše uvedeno, tak tyto mezery jsou v následující obdobné skupině zaplétacích segmentů prohozeny s dalšími nástroji. Vzdálenost dvou protilehlých roštů s řemeny dopravníku na zařízení definuje tloušťku 3D textilie.



**Obr. 10:** Pohled na model zařízení ve směru vstupující textilie

## 2.5 Problematika pohonu a uložení

V praxi se ukázalo, že takováto konstrukce není příliš vhodná. Řemenový převod s plochým řemenem vyžaduje takový úhel opásání, při kterém nedochází k prokluzu. Současné provedení zařízení dostatečný úhel opásání na všech hřídelkách neumožňuje. Vzhledem k počtu poháněných hřídelek, délce řemene a nedostatečnému

úhlu opásání na většině hřídelek se musí řemen napínat velkou silou. Dochází k jeho rychlejšímu opotřebení a je nutné ho častěji měnit. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je nutné dopnout řemen i za chodu stroje což zbytečně zaměstnává obsluhu. K životnosti řemene nepřispívá ani fakt, že při pohybu řemene dochází k jeho častému ohybu. Kvůli vysoké síle v řemeni se nadměrně zatěžují ložiska v uložení hřídelek. Obzvláště na hřídelkách nejdál od motoru, kde je největší úhel opásání, je zatížení na ložiska největší. Vlivem tohoto nadměrného zatížení a vysoké rychlosti otáček dochází při dlouhodobém běhu stroje ke vzniku vysokých teplot v ložiskách (cca  $75 \div 85^{\circ}\text{C}$ ). Jestliže má valivé ložisko správně pracovat, musí být správně namazáno, aby nedocházelo k přímému styku kovu na kov. Mazivo rovněž chrání ložisko před opotřebením a korozí. Při vysokých teplotách v ložiskách dochází k vytékání maziva ven z ložiska, což je vzhledem k požadavku nepřetržitého běhu stroje nepřijatelné. Ložiska pak nejsou dostatečně namazána a vytékající mazivo znečišťuje produkt, který prochází pod zaplétacími segmenty [4] [5].

Pokud by byl požadavek vyrábět rozměrnější 3D textilií zpevněnou metodou kvazi-příze zařízením s tímto způsobem pohonu hřídelek, dá se předpokládat, že všechny výše uvedené problémy by se tím prohlubovaly. Při poruše motoru, řemene, nebo jakékoliv části zaplétacích segmentů se musí zastavit celý stroj a zastavit tak celou výrobu zpevňované 3D textilie.

Jako problémové se ukázalo i utahování matice, která svírá kleštinky. Hřídel se při utahování a povolování matice protáčí a musí se přidržovat klíčem. K maticím na hřídelkách uprostřed desky je nedostatečný přístup a z toho důvodu je nutné provádět seřízení mimo stroj, kde se nástroje seřizují na „rovinnou“ desku.

Výhodou tohoto zařízení je jeho relativní jednoduchost a použití pouze jednoho pohonu.

## **2.6 Shrnutí problémů stávající verze**

Z předcházejícího textu vyplývá, že na zařízení je nejvíce problematický řemenový převod, jehož použití se ukázalo v tomto zařízení nevhodné. Dále je nevhodná konstrukce zaplétacích segmentů, kvůli kterým není možné seřídít hloubku ponoření nástroje do 3D textilie za chodu stroje.

### **3 Návrhy konstrukčních úprav zařízení**

V následující kapitole jsou ukázány čtyři návrhy zařízení, které výše zmíněné problémy odstraní. Všechny tyto návrhy vycházejí z myšlenky nepohánět celou soustavu zaplétacích segmentů pouze jedním elektromotorem. Ve všech případech je navržen individuální pohon buď každého zaplétacího nástroje zvlášť, nebo skupin zaplétacích segmentů. Ve všech případech je možno i za běhu stroje seřídít zaplétací nástroje. V případě poruchy lze jednotlivé elektromotory odpojit od napájení a vyměnit aniž by se kvůli tomu zastavila výroba produktu. Vzhledem k problémům, které vycházely z použití řemenového převodu, bylo další použití řemene zavrhnuto. Modely návrhů byly vytvořeny v programu Creo Parametric 2.0.

#### **3.1 Návrh 1 (s ozubenými koly)**

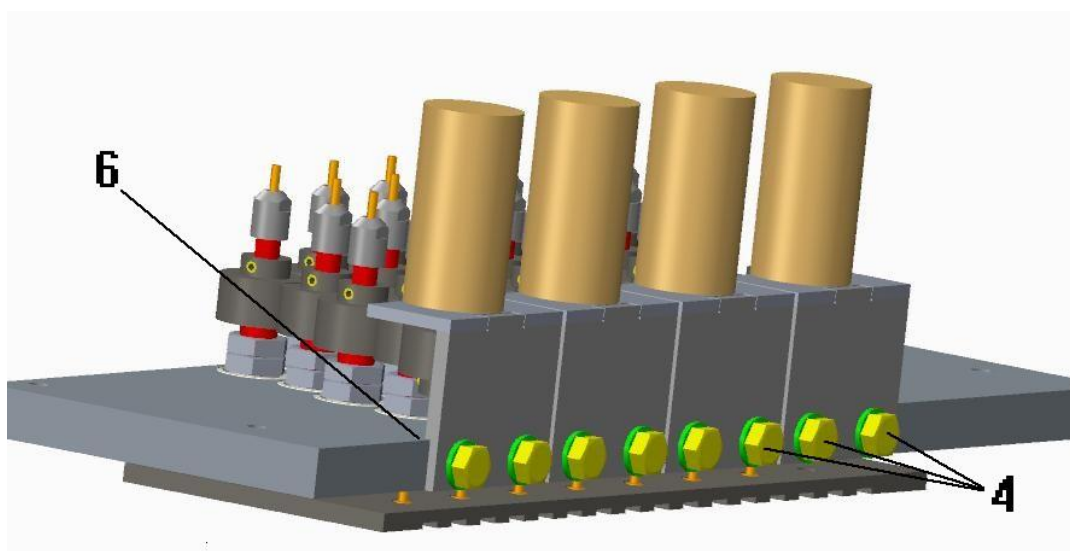
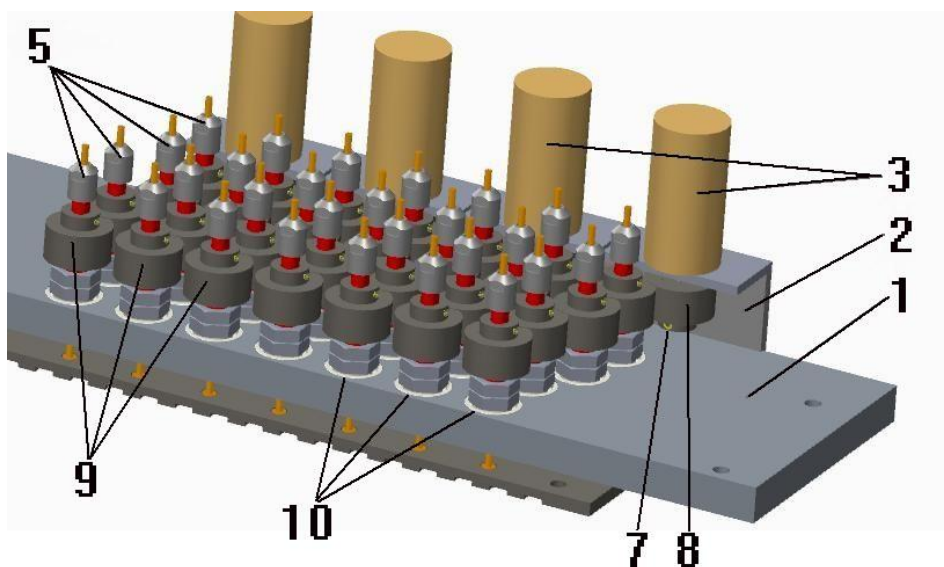
Tento návrh vycházel z koncepce stávajícího zařízení. Zaplétací segmenty byly zachovány, ale pozměněny tak aby bylo možné seřídít nástroje i za běhu zařízení. Převod pomocí řemene byl nahrazen ozubeným převodem. Zaplétací segmenty byly rozděleny do skupin a každá skupina zaplétacích segmentů s ozubenými koly je poháněna vlastním elektromotorem.

##### **3.1.1 Popis návrhu 1**

Model prvního návrhu je na obrázku číslo 11. Na kraj desky (1) byly pomocí držáků (2) připevněny elektromotory (3). Každý tento elektromotor má na čelní straně (tam kde je hřídelka) díry se závitem M 2.5, díky kterým je možné je na držáky přišroubovat. Každý elektromotor má svůj držák, aby se motor i s držákem daly odmontovat jednotlivě i za běhu celého zařízení. Držák je na přesně obrobenou desku připevněn šrouby M8 (4). Aby ozubená kola s šikmým ozubením na elektromotoru a na zaplétacích segmentech (5) při montáži přesně dosedla, je na držáku osazení (6), které přesně stanoví polohu držáku a tím i ozubeného kola. Kvůli přesnému dosednutí kol se díky větší díře pro šrouby před jejich dotažením dá držák lehce polohovat do stran. Byly použity elektromotory A-max 32 značky MAXON MOTOR. Tyto 15 wattové elektromotory mají průměr 32 mm a průměr hřídelky 4 mm. Po konzultaci s firmou MAXON MOTOR byla hřídelka prodloužena na délku 28.8 mm. Hřídelka má navíc ještě na konci drážku pro připevnění ozubeného kola stavěcím šroubem (7). Ozubené

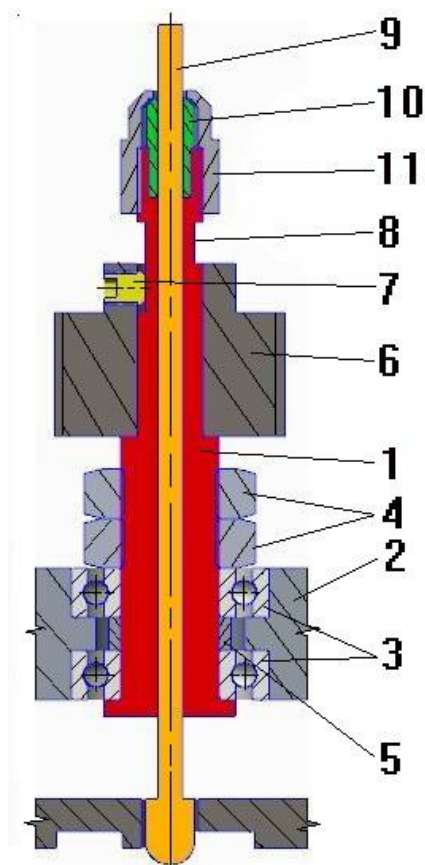


kolo je tak zajištěno proti protočení i proti axiálnímu posuvu. Toto ozubené kolo (8) s nábojem a dírou pro stavěcí šroub má modul  $m_n = 1$  a počet zubů  $z = 28$ . Elektromotory pohání pomocí ozubených kol 8 zaplétacích segmentů, protože je zaplétacích segmentů 28, na krajní elektromotor zbyly zaplétací segmenty pouze 4. Všechna ostatní ozubená kola (9), která se nachází na zaplétacích segmentech, mají počet zubů  $z = 26$  a modul  $m_n = 1$ . Jednotlivé zaplétací segmenty jsou opět uloženy v radiálních kuličkových ložiskách (10). Rozmístění zaplétacích segmentů v desce zůstalo stejné jako v původním návrhu. Pouze byly pozměněny rozměry, aby byly všechny hřídelky stejně daleko od sebe. Mezery mezi dvojicemi zaplétacích nástrojů ve směru vstupující textilie byly zachovány stejné. Bude tak možné použít stejné dopravníky jako v původní verzi zařízení.



**Obr. 11:** Model návrhu 1

Řez modelem zaplétacího segmentu návrhu 1 je na obrázku 12. Hřídelky zaplétacích segmentů (1) jsou jako v původní verzi zařízení uloženy v desce (2) v kuličkových radiálních ložiscích (3). Hřídelka je nad deskou zajištěna dvěma šestihrannými maticemi (4) a tím je zajištěna proti axiálnímu posunu. Mezi vnitřní kroužky ložisek je vložen rozpěrný kroužek (5), který zajistí, že při dotažení matic se ložiska nezařadou. Ozubená kola (6) mají opět náboj s dírou pro stavěcí šroub (7), a tak je možné je zajistit proti pootočení i proti axiálnímu posuvu. Drážka pro utahovací klíč (8) je těsně nad nasazeným ozubeným kolem. Na jedné straně je drážka prodloužená kvůli dorazu stavěcího šroubu. Zaplétací nástroj (9) prochází celou hřídelkou. Ve vrchní části hřídelky je otvor rozšířen kvůli vsazení utahovacích kleštín (10). Sevření kleštín je stejně jako v původní verzi zařízení zajištěno utahovací maticí (11). Nástroj je dostatečně dlouhý, aby umožňoval jeho pohodlné uchycení seshora a nastavení hloubky ponoření do 3D textilie. Pokud by se při výrobě produktu objevila nutnost seřídit nástroj, nemusí se tedy zastavit celá výroba. Je umožněno seřízení nástroje jen po vypnutí pouze jednoho příslušného elektromotoru. To ovšem záleží na požadavcích na kvalitu výsledného produktu. V případě zastavení jednoho elektromotoru by totiž na produktu chybělo 8 stop kvazi-příze.



**Obr. 12:** Řez modelem zaplétacího segmentu návrhu 1



### 3.1.2 Výhody návrhu 1

- Při použití ozubených kol nejsou tolik namáhána ložiska jako u řemenového převodu. V ložiskách tedy nebude vznikat vysoká teplota a mazivo nebude vytékat.
- Ozubené převody se vyznačují svojí spolehlivostí, životností, vysokou účinností a nízkými nároky na obsluhu [4].
- K utahovacím maticím je seshora volný přístup. Je tedy možné nastavit zaplétací nástroje bez nutnosti provádět seřízení mimo stroj.

### 3.1.3 Nevýhody návrhu 1

- Ozubená kola nejsou nijak zakrytá. Pokud by se mezi ně dostal cizí předmět, mohlo by dojít k poškození jak ozubených kol, tak také elektromotoru, nebo ložisek. Při nechtěném doteku by při vysokých otáčkách mohlo dojít ke zranění.
- Pohon zaplétacích nástrojů není plně individuální, při výpadku jednoho elektromotoru dojde k zastavení 8 nástrojů.

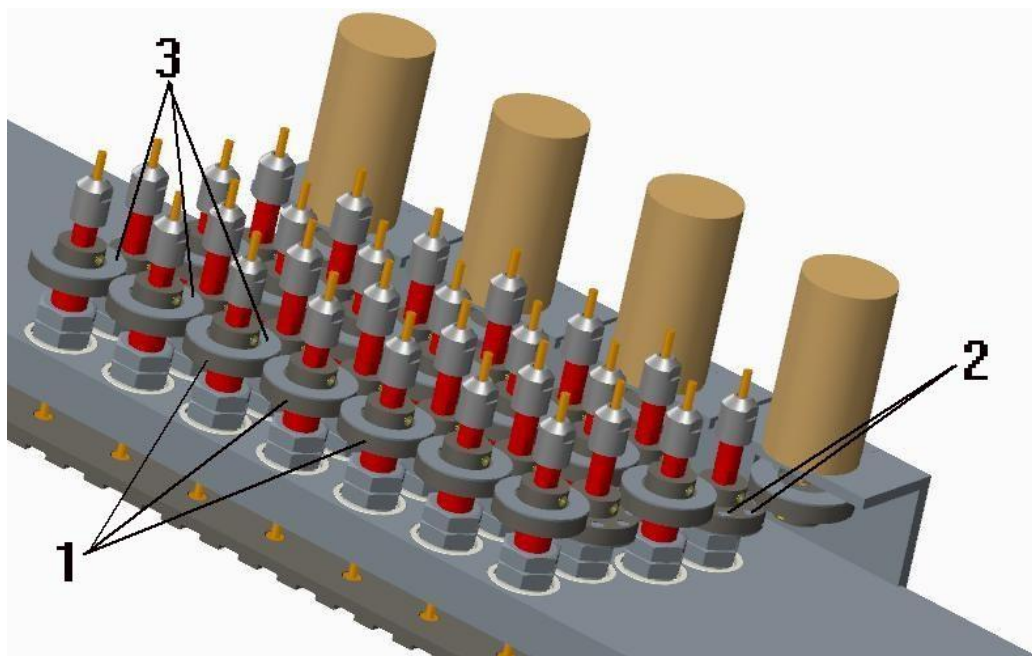
## 3.2 Návrh 2 (s koly s magnety)

Tento návrh vychází ze stejného principu jako návrh 1 s ozubenými koly. V tomto případě byl pozměněn princip přenosu točivého momentu mezi elektromotorem a hřídelkami. Ozubená kola byla nahrazena plastovými koly se silnými neodymovými magnety NdFeB ze směsi neodymu, železa a boru. Přenos točivého momentu je zajištěn navzájem se přitahujícími magnety, které jsou umístěny po obvodu kol.

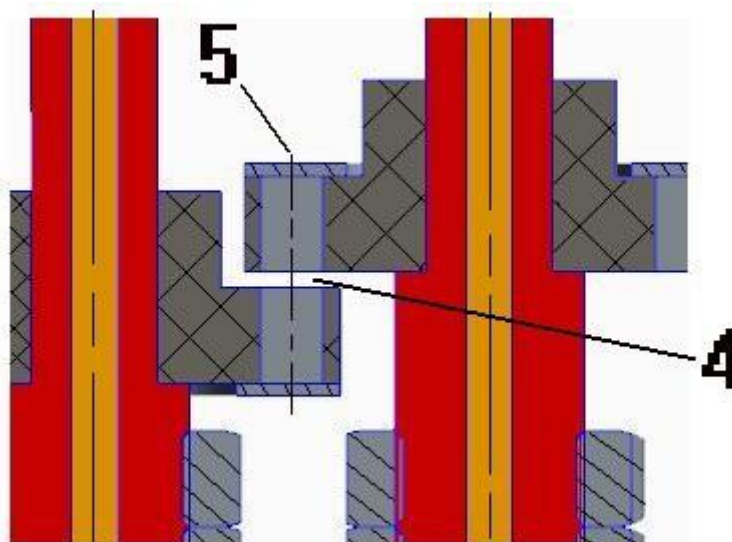
### 3.2.1 Popis návrhu 2

Model návrhu s plastovými koly s magnety se nachází na obrázku 13. V každém kole (1) se po obvodu nachází 8 těchto magnetů (2) o rozměrech  $\varnothing 4 \times 8 \text{ mm}$ . Na každém kole je z jedné strany destička z magneticky měkké oceli (3), kvůli uzavření magnetického pole mezi magnety. Jak je vidět na obrázku 14, kola sousedních zaplétacích segmentů jsou osově posunuta tak, aby mezi nimi byla mezera 1 mm (4). Mezera by měla být co nejmenší, aby síla mezi přitahujícími se magnety byla co

největší. Hřídelky jsou tak daleko od sebe, aby osy magnetů sousedních kol při rotaci procházely nad sebou (5). Jedná se tedy o bezdotykový přenos točivého momentu. Stejně jako u návrhu 1 byly použity 15 wattové elektromotory A-max 32 od firmy MAXON MOTOR, které jsou přišroubovány na držácích. Princip zajištění kol s magnety je stejný jako u předchozího návrhu, tedy pomocí drážek na hřídelkách a stavěcími šrouby. Princip seřízení zaplétacích segmentů zůstal rovněž stejný.



**Obr. 13:** Model návrhu 2



**Obr. 14:** Řez zaplétacími segmenty návrhu 2

### **3.2.2 Výhody návrhu 2**

- Jedná se o bezdotykový přenos točivého momentu. Nedochází tedy k žádnému mechanickému opotřebení.
- Při tomto způsobu přenosu točivého momentu nejsou ložiska namáhána tolik jako u stávajícího zařízení.
- Díky volnému přístupu k utahovacím maticím je možné nastavit zaplétací nástroje bez nutnosti provádět seřízení mimo stroj.

### **3.2.3 Nevýhody návrhu 2**

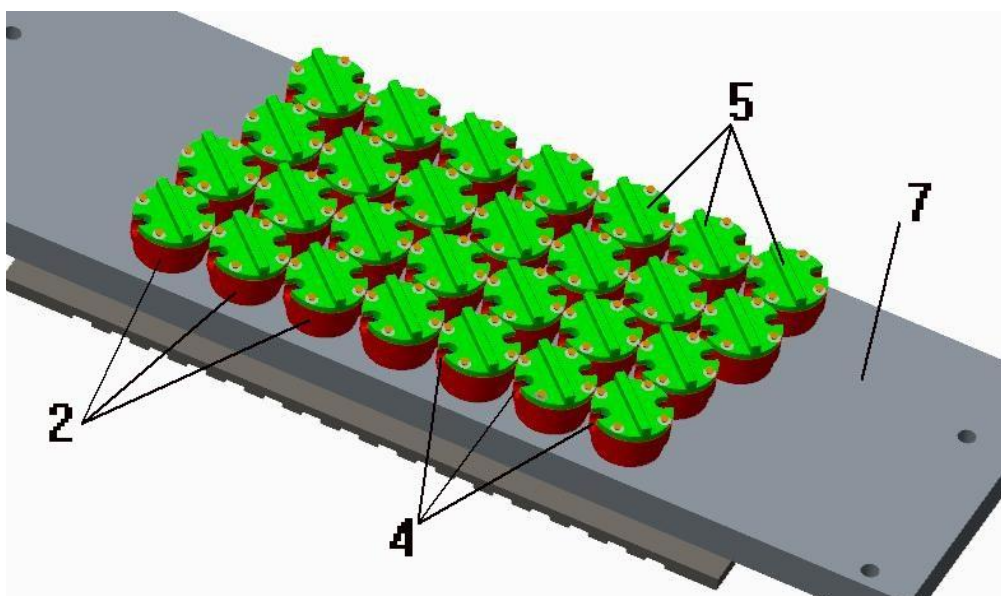
- Pokud se při běhu stroje jedno kolo s magnety zastaví, zastaví se i následující kola. Zvláště při rozběhu elektromotorů je možné že se některé kolo „nechytí“ a stát zůstanou i všechny následující.
- Stejně jako u prvního návrhu nejsou rotující kola nijak zakrytá. Při nechtěném dotyku hrozí nebezpečí zranění.
- Při výpadku jednoho elektromotoru dojde k zastavení 8 nástrojů.

## **3.3 Návrh 3**

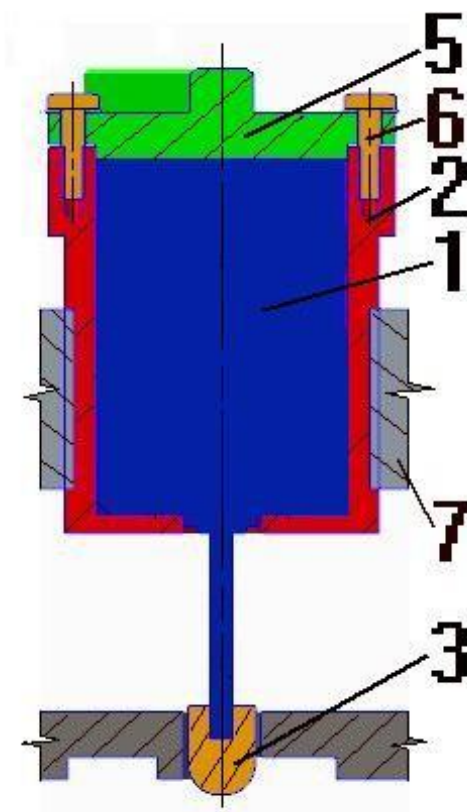
Třetí návrh zajišťuje plně individuální pohon každé hřídelky zvlášť. Konstrukce návrhu umožňuje jednoduché nastavení zaplétacích nástrojů i za běhu celého zařízení. Každý nástroj je poháněn svým vlastním elektromotorem. Nastavení nástroje může probíhat bez vypnutí příslušného elektromotoru. Lze tedy při seřizování nástroje na výsledném produktu sledovat stopu kvazi-příze a podle ní nastavit ideální polohu. Odpadá nutnost řešit převod krouticího momentu z elektromotoru na zaplétací nástroje, nástroj je totiž nalepen přímo na hřídelce elektromotoru.

### 3.3.1 Popis návrhu 3

Na obrázku číslo 15 se nachází model návrhu 3. Na obrázku 16 se nachází řez pouzdem s elektromotorem. Elektromotory (1) jsou vsazeny do pouzder se závitem (2). Pouzdra mají ve spodu díry na hřídelku s nástrojem (3) a nahoře drážky (4) na kabely přivádějící elektrický proud. Elektromotor tedy jde z pouzdra vyndat bez toho, aby se musel z elektromotoru sundávat nástroj, nebo odpojovat kabely. Nástroj je na hřídelku motoru nalepen. Použity byly 6 wattové elektromotory A-max 22 s kabelovými vývody, které mají průměr 22 mm a průměr hřídelky 2mm. Délka hřídelky byla opět po konzultaci s firmou MAXON MOTOR pozměněna na 20 mm. Upravená délka hřídelky je nutná kvůli řemenům dopravníku, které by se mezi pouzdro elektromotoru a nástroj při standartní délce hřídelek nevešly. Víko (5), které zajistí pevné uchycení elektromotoru v pouzdře je k pouzdru přišroubováno pomocí šroubů (6) se závity M2. Víko je na horní straně přizpůsobeno k pohodlnému uchycení. Pouzdro je do desky (7) zašroubováno. Pootočením víka se pootočí i pouzdro s elektromotorem a díky závitu se tak dá nastavit poloha nástroje a tím přesně nastavit ponoření nástroje do 3D textilie. Rozmístění zaplétacích nástrojů na desce zůstalo i u tohoto návrhu stejné. Opět byly změněny pouze rozměry tak, aby bylo možné použít stejný dopravník.



**Obr. 15:** Model návrhu 3



**Obr. 16:** Řez pouzdrem s elektromotorem

### 3.3.2 Výhody návrhu 3

- Odpadá řešení přenosu krouticího momentu z elektromotoru na nástroj.
- Seřízení zaplétacích nástrojů je jednoduché a není k němu potřeba žádný nástroj.
- Seřízení může probíhat i za chodu stroje a se zapnutým elektromotorem. Je tedy možné seřizovat nástroj podle toho, jakou stopu kvazi-příze zanechává.
- Výměnu nástroje i elektromotoru lze provést bez zastavení stroje. Na produktu by během výměny chyběla pouze jedna stopa kvazi-příze.
- Na desce nejsou žádné rotující části, seřizování nástrojů je tedy bezpečné i při provozu.
- Výhodou oproti návrhům 1 a 2 je relativně jednoduchá montáž.
- U tohoto návrhu není nebezpečí znečištění produktu mazivem.

### 3.3.3 Nevýhody návrhu 3

- Oproti prvním dvěma návrhům a stávajícímu zařízení je tento návrh dražší. Cenu navyšuje vysoký počet elektromotorů a velký počet závitů v desce a na pouzdrech.

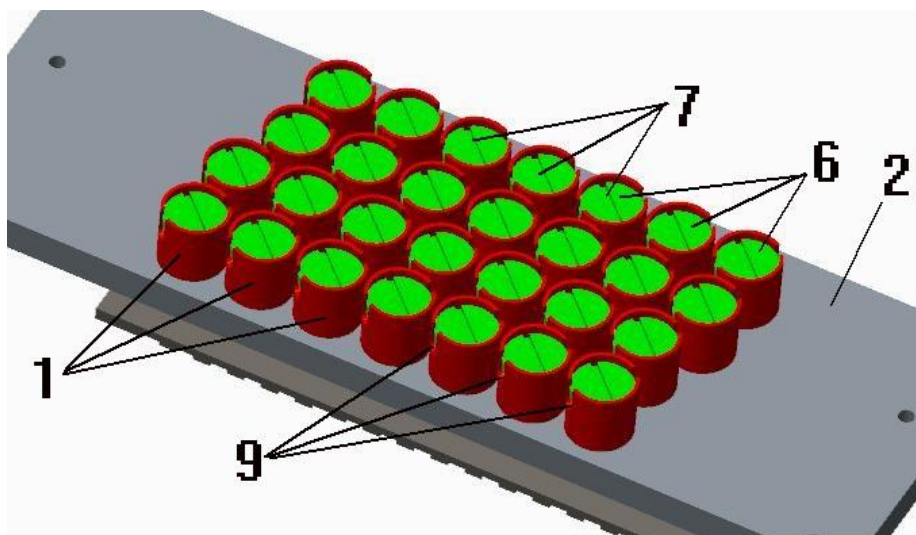
- Při seřizování polohy nástroje se kabel přivádějící elektrický proud do elektromotoru může namotávat na pouzdro.
- Při běhu zařízení mohou vznikat vibrace. Zašroubovaná pouzdra v desce se mohou protáčet a tím měnit vertikální polohu zaplétacích nástrojů.
- K velkému počtu elektromotorů je nutné zavést velké množství kabelů. Pro snadnější orientaci je nutné tyto kabely dále pospojovat.

## 3.4 Návrh 4

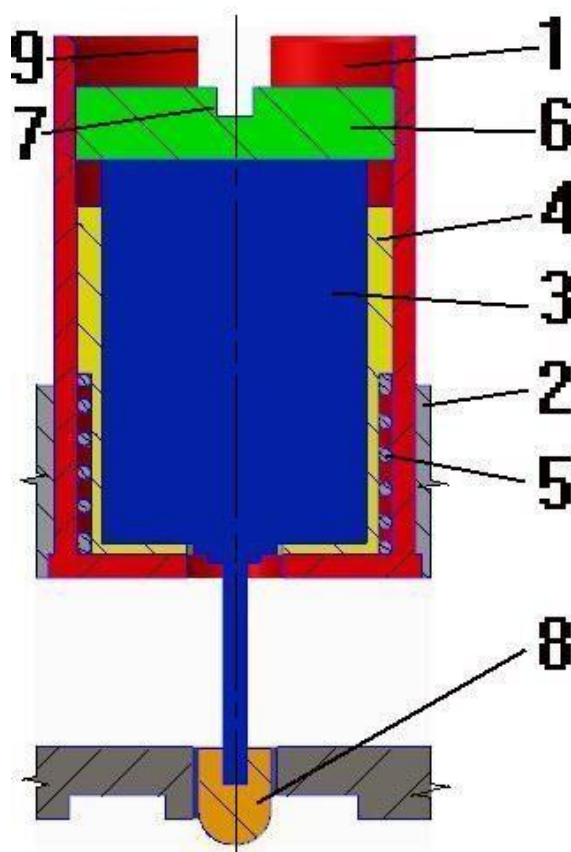
Čtvrtý návrh opět zajišťuje individuální pohon hřídelek. Lze pohodlně nastavit hloubku ponoření nástrojů do textilie podle toho, jakou stopu kvazi-příze nástroj zanechává. Nastavování lze provádět i bez přerušení chodu stroje a bez zastavení jednotlivých elektromotorů.

### 3.4.1 Popis návrhu 4

Model návrhu 4 se nachází na obrázku 17. Řez pouzdry s elektromotorem se nachází na obrázku 18. Velká pouzdra (1) jsou vložena do desky (2) a zalepena. Na rozdíl od návrhu 3, kde byla pouzdra v desce zašroubována, jsou v tomto návrhu v desce napevno. Opět byly použity 6 wattové elektromotory A-max 22 (3) s kabelovými vývody. Elektromotory mají průměr 22 mm, průměr hřídelky 2mm a prodlouženou délku hřídelky na 20 mm. Jsou volně vloženy do malých pouzder (4), a ty vloženy do pouzder velkých. Toto uložení umožňuje vertikální posuv malých pouzder s elektromotory ve velkých pouzdrech. Ve spodní části je mezi velké a malé pouzdro vložena tlačná pružina (5), která zajišťuje doraz elektromotoru v malém pouzdře na víko (6), které je zašroubováno do pouzdra velkého. Na obrázku 17 je tato pružina ve stavu maximálního stlačení. Víko má na jedné straně drážku (7) pro šroubovák. Jeho otáčením se dá nastavit vertikální poloha elektromotoru a zaplétacího nástroje (8), který je nalepen na jeho hřídelce. Pružina tlačení na závit na víku navíc zajišťuje samosvornost závitu i při vibracích, které vznikají při provozu stroje. Pro přivedení elektrického proudu do elektromotoru jsou ve velkém pouzdře drážky (9) pro kabely.



**Obr. 17:** Model návrhu 4



**Obr. 18:** Část řezu modelu návrhu 4

### 3.4.2 Výhody návrhu 4

- Stejně jako u návrhu 3 odpadá řešení přenosu krouticího momentu z elektromotoru na nástroj.

- Seřízení nástrojů může probíhat i během chodu stroje a se zapnutými elektromotory.
- Seřízení nástrojů je velmi jednoduché.
- Výměnu nástroje i elektromotoru lze provést bez zastavení stroje. Na produktu by během výměny chyběla pouze jedna stopa kvazi-příze.
- Díky pružině, která tlačí na závit víka, se víko i při vibracích při běhu stroje neprotáčí. Poloha zaplétacího nástroje je tedy přesně stanovena a samovolně se nemění.
- Tento návrh je na rozdíl od návrhů 1 a 2 relativně jednoduše smontovatelný.
- Nehrozí nebezpečí znečištění produktu mazivem.

### 3.4.3 Nevýhody návrhu 4

- Díky vysokému počtu elektromotorů je tento návrh relativně drahý.
- Z velkého počtu elektromotorů vyplývá jejich problematické napájení.

## 3.5 Výběr nejvhodnějšího návrhu

První dva návrhy vychází z koncepce současného zařízení. Rozdíl mezi nimi spočívá v principu přenosu točivého momentu z elektromotorů na zaplétací segmenty.

U návrhu 2 (s koly s magnety) není přenos točivého momentu stoprocentně zajištěn. Při vysoké rychlosti by síla magnetů nemusela být dostačující a mohlo by dojít k zastavení některého z kol. Zvláště při rozběhu elektromotorů by následující kolo zatížené z druhé strany dalšími stojícími koly mohlo zůstat stát. Spolehlivost tohoto návrhu by se musela ověřit odzkoušením funkčního modelu. Díky této možné nespolehlivosti funkce byl tento návrh zamítnut.

Návrh číslo 1 (s ozubenými koly) je spolehlivý. Při seřizování zaplétacích nástrojů ale může dojít ke kontaktu s ozubenými koly, což by mohlo vést k poranění obsluhy nebo k poškození zařízení. V porovnání s následujícími návrhy je velkou nevýhodou složitost konstrukce a náročná montáž zařízení. Rovněž seřizování nástrojů není tak jednoduché, jako u návrhů následujících. Obsluha musí jednou rukou přidržovat hřídelku a druhou rukou povolit matici. Až potom lze nastavit nástroj.

Třetí a čtvrtý návrh se od prvního a druhého liší tím, že oba zajišťují individuální pohon nástrojů. Každý zaplétací nástroj je tedy poháněn svým vlastním elektromotorem. To je velká výhoda, protože při jakémkoliv poškození nástroje nebo



elektromotoru dojde k vynechání jen jedné stopy kvazi-příze.

U třetího návrhu (s otočnými pouzdry) se mění poloha nástroje šroubováním celého pouzdra. Je tedy nutné vytvořit velký počet závitů v desce i na pouzdrech, což zbytečně komplikuje výrobu a navyšuje cenu. Závit navíc není nijak zajištěn, proto může docházet k jeho samovolnému pootočení například vlivem vibrací při provozu stroje. Z těchto důvodů byl tento návrh zamítnut.

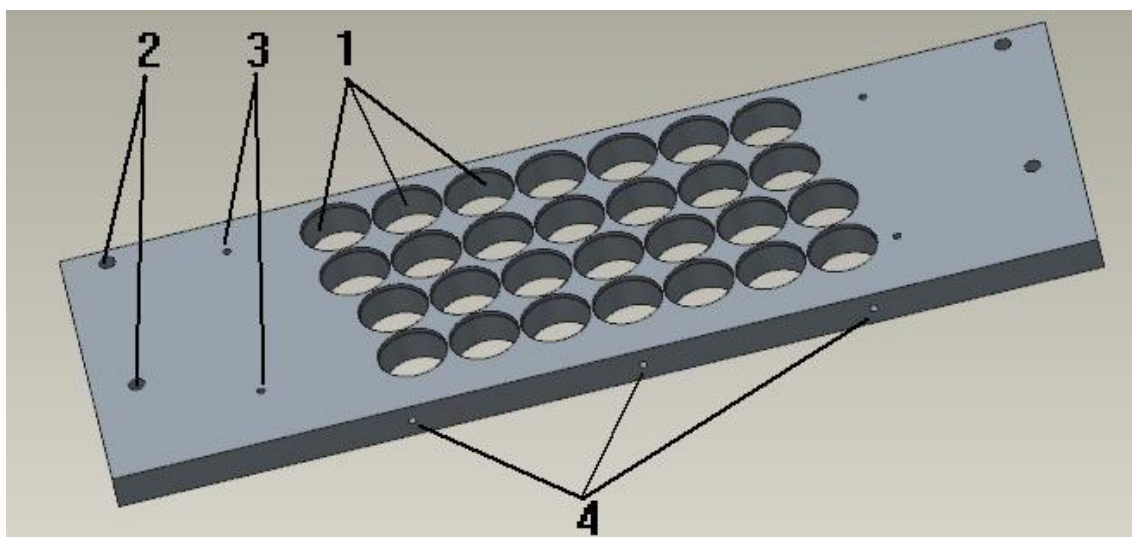
Čtvrtý návrh (s pouzdry napevno) tyto nevýhody nemá. Závit je zajištěn pružinou a pouzdra jsou do desky jednoduše zalepena. Nastavení zaplétacích nástrojů je velmi jednoduché a rychlé. Tento návrh odstraňuje problémy a nevýhody stávajícího zařízení a podle výhod a nevýhod všech nových návrhů se do zařízení na tvorbu kvazi-přízemi zpevněné 3D textilie hodí nejvíce.

## 4 Detailní rozbor návrhu 4

V předchozí kapitole byl vybrán návrh číslo 4. V této kapitole byl detailněji popsán a byly popsány jeho jednotlivé díly. Dále bylo vyřešeno problematické napájení velkého počtu elektromotorů.

### 4.1 Deska

Deska se nachází na obrázku 19. Tato ocelová deska zůstala stejné tloušťky jako u stávajícího návrhu z důvodu zachování tuhosti. Díry na pouzdra (1) jsou vyrobené s kladnou tolerancí, aby bylo zajištěné, že pouzdra do nich půjdou vložit. Díry se závity M8 (2) slouží k připojení desky do rámu stroje na tvorbu zpevněné 3D textilie. Pomocí děr se závity M4 (3) se k desce připevní rošt. Díry se závity M4 (4) na straně desky slouží pro šrouby připevňující držáky plošného spoje se svorkovnicemi (Popsáno v kapitole 4.7).

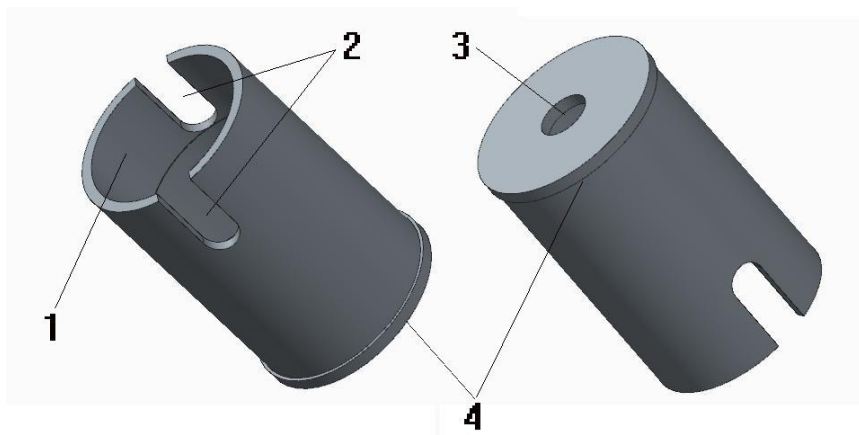


Obr. 19: Deska

### 4.2 Velké pouzdro

Velké pouzdro je zobrazeno na obrázku 20. Velká pouzdra jsou vyrobená z hliníku. Slouží ke kluznému vedení pouzder malých. Mezi pouzdry tedy musí být vůle. V horní části pouzdra se nachází závit M28 x 1 (1), který slouží k seřízení zaplétacího nástroje otáčením víka. V horní části se také nachází drážky (2) pro kabelové vývody elektromotoru. Drážky jsou dvě pro případ použití elektromotorů s

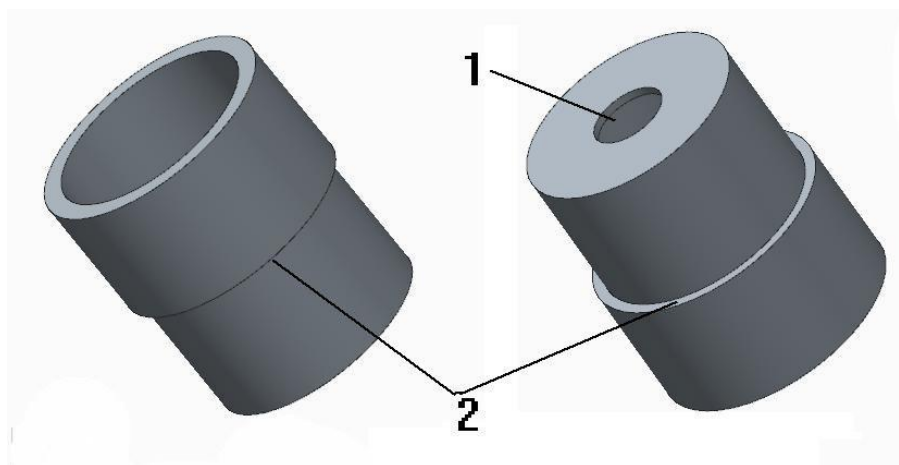
„pacičkami“ místo kabelů. V tomto případě by se pacičky musely odizolovat, protože by se pravděpodobně při seřizování opřely o toto pouzdro. Z tohoto důvodu jsou doporučeny elektromotory s kabelovými vývody. Díra ve spodní části (3) umožňuje výměnu elektromotoru i s přilepeným zaplétacím nástrojem. Ve spodní části je osazení (4), umožňující doraz na desku. V desce je pouzdro uloženo s minimální vůlí a zalepeno lepidlem LOCTITE 638. Toto univerzální lepidlo se vyznačuje vysokou pevností a hodí se pro upevňování válcových součástí [6].



**Obr. 20:** Velké pouzdro

### 4.3 Malé pouzdro

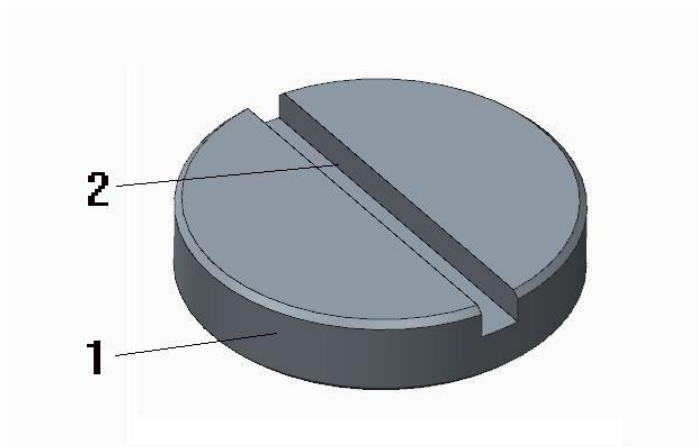
Malé pouzdro je na obrázku 21. Tato pouzdra jsou vyrobená z plastu. Do malého pouzdra je s vůlí vložen elektromotor. Vnitřní průměr pouzdra musí být tedy vyroben s kladnou tolerancí. Vnější průměr má toleranci zápornou, aby byl zajištěn volný pohyb malého pouzdra v pouzdře velkém. Spodním otvorem (1) v pouzdře jde opět protáhnout hřídelka i se zaplétacím nástrojem. Osazení (2) na pouzdře je kvůli opření pružiny.



**Obr. 21:** Malé pouzdro

## 4.4 Víko

Víko se nachází na obrázku 22. Je vyrobené z plastu, aby při otáčení nepoškodilo elektromotor, který je na víko přitlačován silou pružiny. Po obvodu se nachází závit M28 x 1 (1). Na jedné straně je drážka (2) pro šroubovák.



Obr. 22: Víko

## 4.5 Pružina

Pružina je vložena mezi malé a velké pouzdro. Na jedné straně se opírá o velké pouzdro a na druhé o osazení na malém pouzdře. Zajišťuje doraz malého víka s elektromotorem na víko, které se díky síle pružiny samovolně nemůže protáčet.

### 4.5.1 Návrh pružiny

Pružina byla vyrobena z pružinové oceli 12 090. Modul pružnosti v krutu tohoto materiálu je  $G = 81\,500 \text{ [MPa]}$ . Mez pevnosti v tahu je  $R_m = 1850 \text{ [MPa]}$  [7]. Koeficient bezpečnosti  $k_b$  vztažený k výpočtu dovoleného napětí v tahu z meze pevnosti se obvykle volí v mezích  $k_b = (2,5 - 3,5)$ . Zvoleno  $k_b = 3$ . K následujícímu výpočtu pružiny byla použita literatura [5] a [8].

Výpočet dovoleného napětí v tahu:

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_m}{k_b} = \frac{1850}{3} = 616,6 \text{ [MPa]} \quad (1)$$

Výpočet dovoleného napětí v krutu:

$$\tau_{Dk} = 0,8 \times \sigma_{Dt} = 0,8 \times 616,6 = 493,28 \text{ [MPa]} \quad (2)$$

Vnitřní průměr velkého pouzdra, do kterého má být pružina vsazena:

$$D_p = 26,2 \text{ [mm]}$$

Podle průměru  $D_p$  byl zvolen průměr pružiny  $D = 25 \text{ [mm]}$ .

Podle hmotnosti elektromotoru a faktu, že pružina musí na malé pouzdro tlačit určitou silou, aby byl zajištěn závit, byla síla pružiny ve stavu po montáži stanovena na  $F_1 = 6 \text{ [N]}$ . Délka pružiny v nezatíženém stavu byla stanovena na  $L_0 = 44 \text{ [mm]}$ . Stlačení pružiny po montáži je  $y_1 = 25 \text{ [mm]}$ . Stlačení ve stavu maximálního zatížení pružiny  $y_8 = 29 \text{ [mm]}$ . Pracovní zdvih pružiny  $h = 4 \text{ [mm]}$  je plně dostačující pro nastavení zaplétacích nástrojů.

Výpočet tuhosti pružiny:

$$k = \frac{F_1}{y_1} = \frac{6}{25} = 0,24 \text{ [N/mm]} \quad (3)$$

Výpočet síly ve stavu maximálního zatížení  $F_8$ :

$$F_8 = k \times y_8 = 0,24 \times 29 = 6,96 \text{ [N]} \quad (4)$$

Výpočet maximálního krouticího momentu drátu:

$$M_{k8} = F_8 \frac{D}{2} = 6,96 \frac{25}{2} = 87 \text{ [Nmm]} \quad (5)$$

Předběžný výpočet průměru drátu  $d_i$ :

$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{16 M_{k8}}{\pi \tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 87}{\pi \times 493,28}} = 0,96 \text{ [mm]} \quad (6)$$

Vliv smykového napětí  $\tau_s$  byl zaveden pomocí Wahlova korekčního součinitele  $K$ .

Výpočet poměru vinutí  $i$ :

$$i = \frac{D}{d_i} = \frac{25}{0,96} = 26,04 \quad (7)$$

Výpočet Wahlova korekčního součinitele  $K$ :

$$K = \frac{i+0,2}{i-1} = \frac{26,04+0,2}{26,04-1} = 1,04 \quad (8)$$

Výpočet průměru drátu pružiny  $d_{i+1}$ :

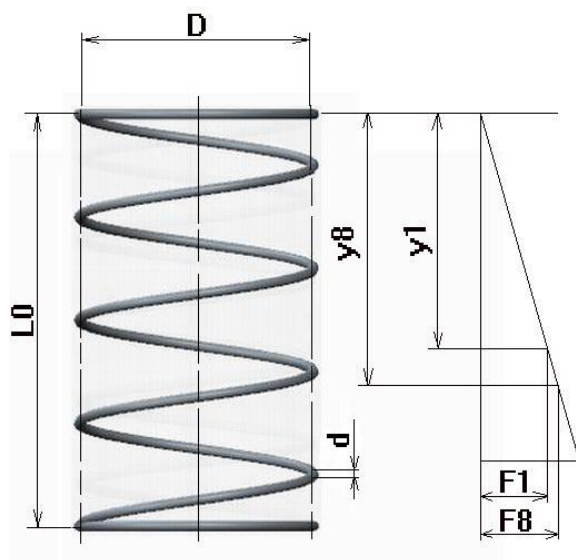
$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{16 M_{k8} K}{\pi \tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 87 \times 1,04}{\pi \times 493,28}} = 0,97 \text{ [mm]} \quad (9)$$

Zvolen průměr drátu  $d = 1,1 \text{ [mm]}$ .

Stanovení počtu činných závitů  $n$ :

$$n = \frac{Gd^4}{8kD^3} = \frac{81500 \times 1,1^4}{8 \times 0,24 \times 25^3} = 3,97 \quad (10)$$

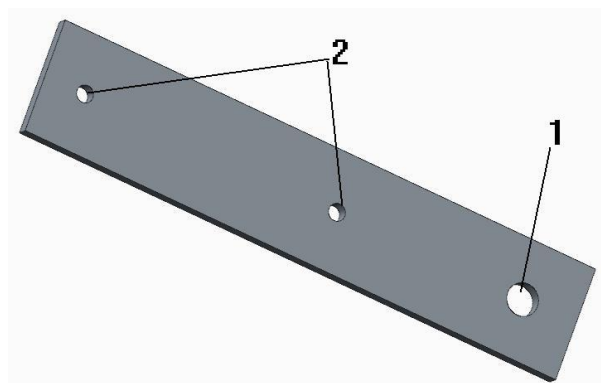
Po zaokrouhlení počtu závitů na  $n = 4$  a zpětném přepočítání síly  $F_1$  se tato síla nepatrně pozmění. Tato změna však není pro tuto aplikaci podstatná. Na každou stranu pružiny byl přidán jeden závěrný závit. Navržená pružina je na obrázku 23.



Obr. 23: Pružina

## 4.6 Držák plošného spoje

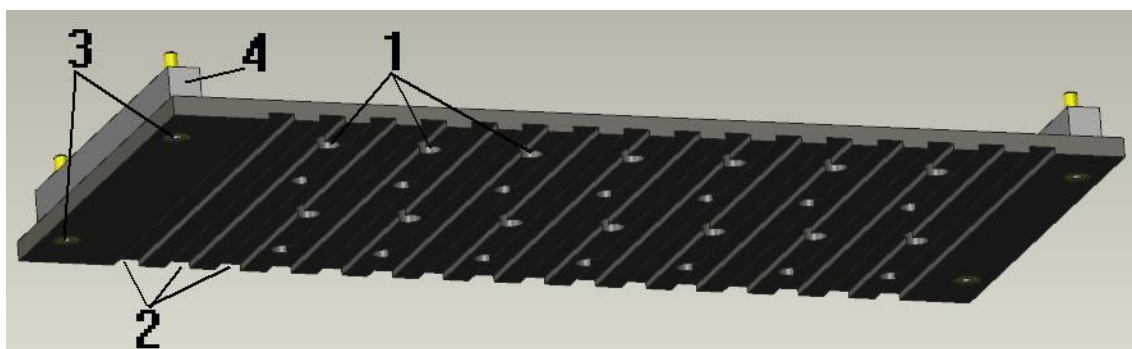
Držák se nachází na obrázku 24. Použití držáku je vysvětleno v kapitole 4.7. Držák je vyroben z plechu tloušťky 2 mm. Díra o průměru 4,5 mm (1) je na držáku pro šroub M4, kterým se držák připevní na desku. Díry o průměru 2,4 mm (2) slouží k přichycení plošného spoje šrouby a maticemi se závity M2.



Obr. 24: Držák plošného spoje

## 4.7 Rošt

Rošt se nachází na obrázku 25. Je vyroben z oceli. Rošt zůstal v podstatě nezměněn. Změnily se pouze rozteče děr (1), kterými prochází hřídelky elektromotoru se zaplétacími nástroji. Drážkami v roštu (2) prochází řemeny dopravníku. To je detailněji popsáno v kapitole 2.4. Šrouby se zápusťnou hlavou M4 (3) v rozích se rošt připevní na desku. Mezi desku a rošt jsou vloženy podložky (4) pro vymezení správné vzdálenosti mezi roštem a deskou.



Obr. 25: Rošt

## 4.8 Elektromotor

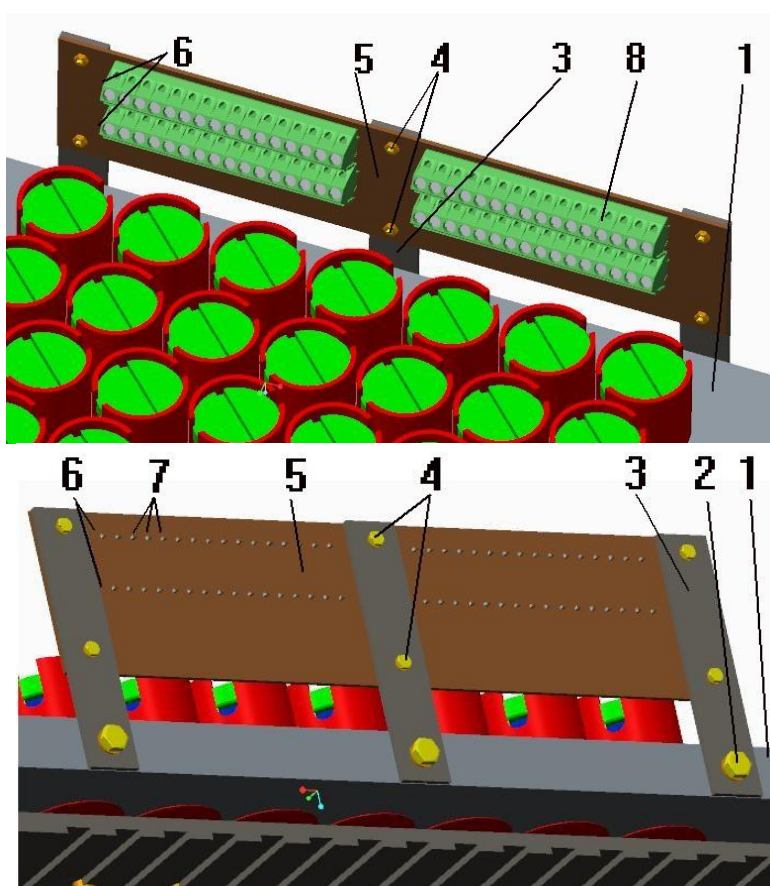
Elektromotor od firmy MAXON MOTOR A-max 22 napájený 12 volty (viz příloha 1) byl určen na základě jeho průměru, který musel být dostatečně malý kvůli stísněnému prostoru na desce. Výkon elektromotoru je 6 wattů. To je dostatečné pro pohon zaplétacích nástrojů ponořených do 3D textilie. Elektromotor dosahuje vysokých otáček, což umožňuje velkou rychlost posuvu textilie pod zaplétacími nástroji. Jak bylo uvedeno v předešlé kapitole, elektromotory mají prodlouženou délku hřídelky na 20 mm, kvůli prostoru pro řemeny dopravníku. Pro firmu MAXON MOTOR není problém elektromotory s prodlouženou hřídelkou dodat [9].

## 4.9 Řešení hromadného napájení elektromotorů

Na desce se nachází 28 elektromotorů. Ke každému je nutné přivést elektrickou energii. Pokud by od každého elektromotoru vedly kabely až ke zdroji, byla by orientace v nich velmi nepřehledná. I výměna jednotlivých elektromotorů by se tím velmi zkomplikovala. Proto byl navržen způsob napájení pomocí svorkovnic připevněných na desce.

#### 4.9.1 Princip připevnění svorkovnic na desku

Princip připojení svorkovnic na desku je znázorněn na obrázku 26. Na desku (1) jsou pomocí šroubů se šestihrannou hlavou M4 x 10 (2) připevněny 3 držáky (3) z plochého plechu o tloušťce 2 mm. Na tyto držáky je pomocí šroubů se šestihrannou hlavou M2 x 7 (4) připevněn plošný spoj (5). V plošném spoji jsou ve dvou řadách (6) otvory (7) o průměru 1,3 mm, které slouží k připevnění svorkovnic (8), které jsou na plošný spoj připájeny. Každá řada otvorů na plošném spoji je propojena vodivými cestami. Jednotlivé řady svorkovnic jsou tedy samostatně propojené. Pokud se na krajní svorky každé řady připojí jeden pól stejnosměrného napětí, budeme mít tento pól na každé svorkovnici v příslušné řadě. Od každého elektromotoru tedy připojíme kabel vždy k svorkovnicím s + pólem a druhý k svorkovnicím s – pólem. V každé řadě se celkem nachází 8 svorkovnic. Každá má 4 svorky. Celkem je tedy na plošném spoji 64 svorek. To bohatě stačí pro napájení 28 elektromotorů, i pro přívod elektrické energie od zdroje ke svorkám. Standardní kabely připojené k elektromotorům A-max 22 jsou dlouhé 150 mm. I od nejvzdálenějších elektromotorů kabely dosáhnou až do svorkovnic.



Obr. 26: Princip připojení svorkovnic na desku



## 4.9.2 Použitá svorkovnice

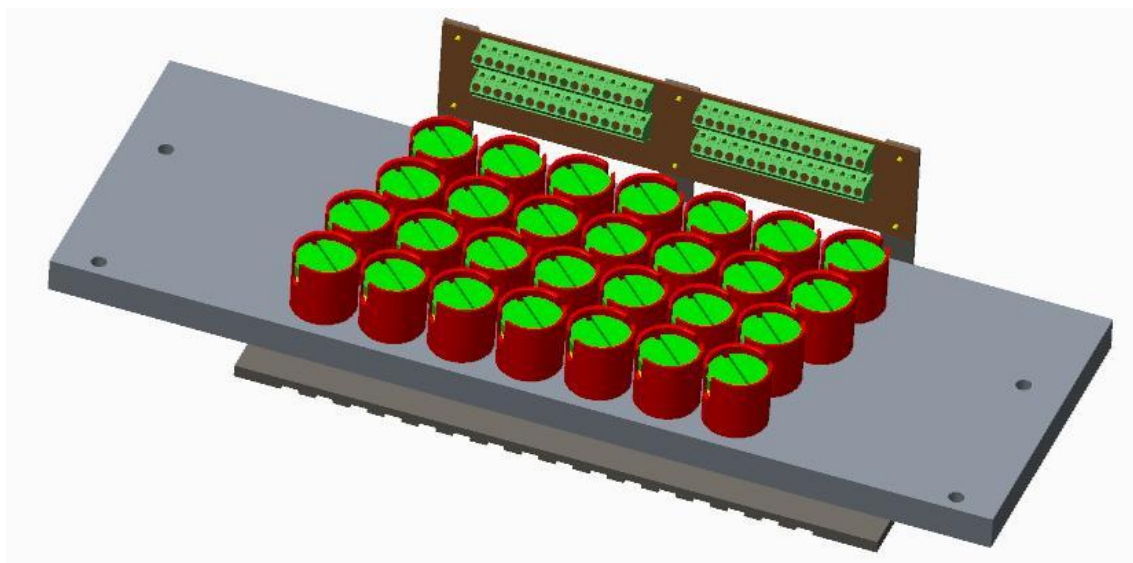
Byly použity svorkovnice SMKDSP 1,5/ 4 od firmy PHOENIX CONTACT (viz příloha 2). K těmto svorkovnicím se dají jednoduše připevnit kabely od elektromotorů A-max 22. Kabely se k nim připevňují pomocí šroubů [10].

## 4.9.3 Kontrola funkce elektromotorů

Funkce elektromotorů lze ověřit přímo vizuálně na textilii. Při výpadku elektromotoru by na textilii chyběla stopa kvazi příze. Při tak vysoké hustotě kvazi-přízí a velké rychlosti textilie by však k odhalení chybějící stopy mohlo dojít až po delší době. Kontrola funkce elektromotorů by například mohla fungovat na principu rozsvícení kontrolky při poklesu proudu v obvodu při výpadku libovolného elektromotoru. To už ale záleží na provozovateli zařízení.

## 4.10 Výsledná sestava

Celá sestava zaplétacího zařízení se nachází na obrázku 27. Jednotlivé nenormalizované součásti byly popsány výše. Celé toto zařízení se dá jednoduše připevnit na rám stroje pro tvorbu zpevněné 3D textilie.



**Obr. 27:** Sestava

## 5 Závěr

V teoretické části bakalářské práce byl popsán způsob výroby 3D textilie pomocí vertikálního skládání a jeho následného zpevnění pomocí kvazi-přízí. Tématem této práce byl návrh nového pohonu nástrojů sloužících ke tvorbě kvazi-přízí. Povedlo se navrhnout a sestavit modely čtyř návrhů, které by zajistily správnou funkci zařízení.

Dva návrhy (první a druhý) vycházely z doposud používaného zařízení na tvorbu kvazi-příze. Opustilo se od myšlenky použití pouze jednoho elektromotoru a přenos krouticího momentu byl vyřešen pomocí ozubených kol, nebo kol s magnety. Zaplétací segmenty byly upraveny, aby bylo umožněno jednodušší a rychlejší nastavení nástrojů.

U dalších dvou návrhů (třetí a čtvrtý) byla použita myšlenka pohánět každý nástroj vlastním elektromotorem, kde nástroj je nalepen přímo na hřídelku elektromotoru. To se ukázalo být výhodnější, než princip se zaplétacími segmenty zejména kvůli tomu, že na desce v prostoru, kde se provádí seřizování, nejsou žádné rotující součásti. Díky tomu jsou tyto návrhy bezpečnější. V obou případech byl elektromotor vsazen do pouzdra. V třetím návrhu bylo pouzdro zašroubováno do desky a v čtvrtém bylo pouzdro v desce napevno zalepeno. Nakonec byl jako nejvýhodnější vybrán návrh s pouzdry napevno v desce. Vybrán byl především kvůli snadnému seřizování nástrojů a jednoduché konstrukci.

Jednotlivé díly čtvrtého návrhu byly detailněji popsány. Napájení velkého počtu elektromotorů bylo vyřešeno pomocí svorkovnic na plošném spoji. Dále byla vytvořena výkresová dokumentace všech částí tohoto návrhu.

## Seznam použité literatury

- [1] Jirsák, O., Kalinová, K.: *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003;
- [2] Pat. EP 0 648 877 A1 (CZ 192 693). Krčma, R., Hanuš, J., Sanetrník, F.: *Befestigungsverfahren für voluminöse Fasergebilde und Anlage zur Realisierung dieses Verfahrens*. Europäische Patentanmeldung. 19.04.95;
- [3] Hanuš, J.: *Netkané technické textilie s vertikálně orientovanými makroelementy struktury*;
- [4] Pešík, L.: *Části strojů 2. díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010;
- [5] Pešík, L.: *Části strojů 1. díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010;
- [6] LOCTITE [online] . [cit. 22.12.2013]  
<<http://www.loctite.cz>>
- [7] HENNLICH [online] . [cit. 12.12.2013]  
<<http://www.hennlich.cz>>
- [8] Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2003;
- [9] MAXON MOTOR [online] . [cit. 20.11.2013]  
<<http://www.maxonmotor.com>>
- [10] PHOENIX CONTACT [online] . [cit. 12.12.2013]  
<<http://www.phoenixcontact.cz>>

## Seznam příloh a výkresů

Příloha 1: Katalogový list - Elektromotor A-max 22

Příloha 2: Katalogový list - Svorkovnice SMKDSP 1,5/4

### **Výkresová dokumentace:**

B072/0.2 – Zaplétací zařízení

B072/0-1.3 – Deska

B072/0-2.4 – Rošt

B072/0-3.4 – Držák plošného spoje

B072/0-4.4 – Podložka roštu

B072/0-5.4 – Velké pouzdro

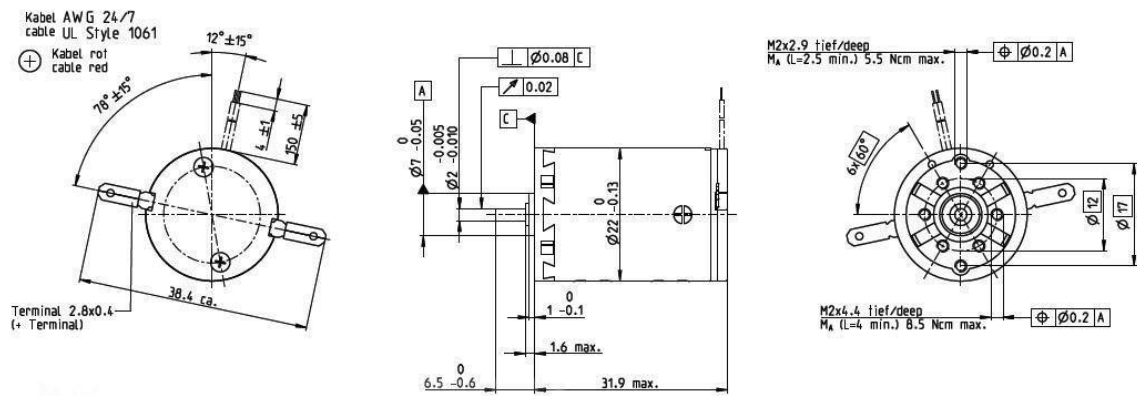
B072/0-6.4 – Malé pouzdro

B072/0-7.4 – Víko

B072/0-8.4 – Pružina

# Příloha 1

## A-max 22 Ø22 mm, Graphite Brushes, 6 Watt



M 1:1

### Motor Data

Values at nominal voltage		
1	Nominal voltage	V
2	No load speed	rpm
3	No load current	mA
4	Nominal speed	rpm
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm
6	Nominal current (max. continuous current)	A
7	Stall torque	mNm
8	Starting current	A
9	Max. efficiency	%
Characteristics		
10	Terminal resistance	Ω
11	Terminal inductance	mH
12	Torque constant	mNm/A
13	Speed constant	rpm/V
14	Speed / torque gradient	rpm/mNm
15	Mechanical time constant	ms
16	Rotor inertia	gcm <sup>2</sup>

## Příloha 2

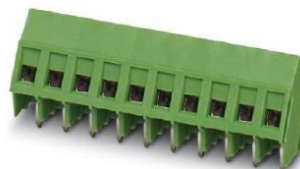


Výtah z online katalogu

### SMKDSP 1,5/ 4

Obj.č.: 1733431

Obrázek ukazuje 10pólovou variantu zboží



<http://eshop.phoenixcontact.cz/phoenix/treeViewClick.do?UID=1733431>

Svorka pro plošné spoje, Jmenovitý proud: 17,5 A, Jmenovité napětí: 400 V, Rozteč: 5 mm, Počet pólů: 4, Způsob připojení: Šroubové připojení, Montáž: Pájení, Směr připojení vodič/deska: 35 °, Barva: zelená

#### Technické údaje

##### Rozměry

Délka	13,4 mm
Měřítka rastru	5 mm
Rozměr a	15 mm
rozměry kolíku	0,9 x 0,9 mm
průměr vyvrtaného otvoru	1,3 mm

##### Všeobecné

Rodina výrobků	SMKDSP 1,5
skupina izolačního materiálu	I
zatěžovací rázové napětí (III/3)	4 kV
zatěžovací rázové napětí (III/2)	4 kV
zatěžovací rázové napětí (II/2)	4 kV
Jmenovité napětí (III/3)	250 V
jmenovité napětí (III/2)	400 V
jmenovité napětí (II/2)	630 V
Přípojka podle normy	EN-VDE
Jmenovitý proud $I_N$	17,5 A
jmenovitý průřez	1,5 mm <sup>2</sup>
Zatěžovací proud maximální	22 A
Izolační materiál	PA
Povrch pájeného pinu	Sn
Třída hořlavosti podle UL 94	V0
válečkový kalibr	A 1
Délka odstranění izolace	7 mm
Počet pólů	4
Závít šroubu	M3
Utahovací moment min.	0,5 Nm
Utahovací moment max	0,6 Nm